

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 78 28683

(54) Dispositif de réception et d'émission de signaux lumineux codés, et système IFF comprenant ce dispositif.

(51) Classification internationale. (Int. Cl 3) G 01 S 17/00.

(22) Date de dépôt 6 octobre 1978, à 16 h 9 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 18 du 30-4-1980.

(71) Déposant : Société anonyme dite : SOCIETE ANONYME DE TELECOMMUNICATIONS,
résidant en France.

(72) Invention de : Yves-Jean Coester.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Robert Bloch, conseil en brevets d'invention, 39, avenue de Friedland,
75008 Paris.

La présente invention concerne un dispositif destiné à recevoir des signaux lumineux codés et à émettre dans la direction des signaux incidents des signaux lumineux modulés. Un tel dispositif est utilisable en particulier comme dispositif de réponse
5 dans un système optique d'identification ami-ennemi, ou IFF, comprenant d'autre part un dispositif d'interrogation capable d'émettre un signal lumineux codé, notamment un faisceau laser impulsionnel, en direction d'un objet éloigné, et de détecter le retour éventuel du faisceau.

10 On connaît par la demande de brevet allemand 2 453 077 un dispositif de ce type, comprenant un dispositif de détection omnidirectionnel composé d'une pluralité de capteurs de rayonnement, un dispositif optique pour réfléchir le signal lumineux dans sa propre direction, un circuit de reconnaissance et de codage re-
15 lié aux dits capteurs et un modulateur optique susceptible d'empêcher la réflexion du signal lumineux, le dit modulateur étant commandé par le dit circuit.

Le circuit de reconnaissance possède une mémoire dans laquelle sont inscrites des données de codage. Il effectue une com-
20 paraison entre le signal qu'il reçoit et les données de codage. Si le signal incident a une structure conforme aux données de codage, cela signifie qu'il provient d'un dispositif d'interrogation ami, et dans ce cas, le circuit de reconnaissance commande le modulateur pour permettre la réflexion du signal lumineux
25 incident sous forme modulée. La détection d'un signal réfléchi modulé par le dispositif d'interrogation permet d'identifier l'objet sur lequel est dirigé le faisceau comme ami, car d'une part la réflexion fournit une puissance lumineuse très supérieure à celle qui résulte d'une simple rétrodiffusion par l'objet, et
30 d'autre part, le signal réfléchi est codé par le modulateur.

Dans la publication de brevet précitée, le modulateur est un modulateur électro-optique constitué par exemple par des cristaux liquides, des cellules de Kerr, etc, qui laisse passer la lumière en fonction de l'application d'un signal de commande.
35 Toutefois, les modulateurs de ce type doivent être définis en fonction de la longueur d'onde du rayonnement à moduler car ils ne fonctionnent que dans des bandes spectrales limitées. En outre, ils créent une diffraction du faisceau et de ce fait conviennent seulement pour le visible et l'infrarouge proche, mais
40 ne conviennent absolument pas pour l'infrarouge moyen (longueur

d'onde du faisceau autour de $10\text{ }\mu\text{m}$), pourtant très favorable du point de vue de la propagation dans l'atmosphère. La diffraction est en effet proportionnelle à la longueur d'onde du rayonnement diffracté, et est donc 10 fois plus importante avec une
5 longueur d'onde de $10\text{ }\mu\text{m}$ qu'avec une longueur d'onde de $1\text{ }\mu\text{m}$. Pour compenser cette influence défavorable de la longueur d'onde, il faudrait augmenter dans la même proportion les dimensions du modulateur. Or, les seuls modulateurs électro-optiques fonctionnant dans l'infra-rouge moyen sont des cristaux dont les dimensions sont toujours très limitées pour des raisons de réalisation pratique et ne peuvent pas être augmentées à volonté.
10

L'invention se propose donc de réaliser un dispositif de réception et de réémission de signaux lumineux codés, dont le fonctionnement soit indifférent dans une large mesure à la longueur
15 d'onde des signaux incidents.

A cet effet, selon l'invention, le modulateur comprend un obturateur monté rotatif autour de l'axe du dispositif de détection, un organe d'entraînement de l'obturateur commandé par le circuit de reconnaissance et un second circuit relié à la sortie
20 des capteurs pour déterminer celui des capteurs qui reçoit le faisceau incident, lequel second circuit délivre à l'organe d'entraînement un signal de commande en vue de fixer la position angulaire initiale d'ouverture de l'obturateur.

Le fonctionnement d'un obturateur mécanique est tout à fait
25 indépendant de la longueur d'onde du rayonnement incident. L'utilisation d'un tel obturateur ne pose en outre aucun problème important de diffraction.

Dans une forme de réalisation préférée, il est prévu un trièdre rétroréfecteur unique monté rotatif autour du même axe que
30 l'obturateur et un organe d'entraînement du trièdre commandé par le dit second circuit de façon à orienter le trièdre dans la direction du capteur recevant le faisceau, et on peut prévoir en outre, de façon avantageuse, un second obturateur solidaire en rotation du trièdre et constitué d'une paroi cylindrique munie
35 d'une ouverture dont la largeur correspond sensiblement à l'ouverture du trièdre.

De façon appropriée, les capteurs sont des capteurs pyroélectriques. Les capteurs pyroélectriques réagissent aux variations de température et fonctionnent donc indépendamment de la longueur d'onde du rayonnement à l'origine de la variation de
40

température.

L'invention a également pour objet un système IFF optique incluant un dispositif de réponse tel que défini ci-dessus et un dispositif d'interrogation comprenant un émetteur laser infra-
5 rouge impulsionnel et une caméra thermique dont l'axe optique est aligné avec l'axe du faisceau laser émis et dont le dispositif de photo-détection est sensible à une bande spectrale déterminée, la longueur d'onde du faisceau laser étant comprise dans la dite bande spectrale.

10 De façon préférée, la caméra thermique inclut un photo-détecteur supplémentaire sensible à la longueur d'onde du faisceau laser, l'émission des impulsions laser étant synchronisée avec le fonctionnement du dispositif de balayage de la caméra.

Un tel système fonctionne de jour comme de nuit.

15 La caméra thermique fournit une image de l'objet éloigné à identifier et permet de diriger le faisceau laser sur cet objet. La détection d'un signal réfléchi codé de façon appropriée permet alors de déterminer que l'objet est ami.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description
20 suivante, faite en se référant au dessin annexé, dans lequel :

La figure 1 est une vue en coupe axiale du dispositif de réponse selon l'invention.

La figure 2 est une vue en coupe suivant le plan II-II de la figure 1.

25 La figure 3 est un schéma par blocs du circuit logique de commande du dispositif de réponse.

La figure 4 représente les éléments optiques du dispositif d'interrogation du système IFF selon l'invention.

La figure 5 montre, à très grande échelle, un exemple d'agen-
30 cement des détecteurs du dispositif d'interrogation de la figure 4.

Le dispositif de réponse pour système IFF représenté à la figure 1 est destiné en particulier à être monté sur un véhicule terrestre susceptible d'être considéré comme un objectif mili-
35 taire.

Il comprend un boîtier 1 symétrique autour d'un axe A-A, composé d'une partie inférieure cylindrique 2 à laquelle sont fixés un fond 3 et une partie supérieure tronconique 4. Sur cette partie supérieure est montée une calotte 5 dont la paroi latérale
40 est transparente au rayonnement que le dispositif est destiné à

recevoir.

La partie inférieure 2 comporte une pluralité de fenêtres transparentes 6, par exemple douze, réparties angulairement de façon régulière. Derrière chaque fenêtre 6 est disposé un cap-
5 teur de rayonnement 10, constitué de préférence par un capteur pyroélectrique qui émet un courant électrique en réponse à une variation de température. Ces capteurs fonctionnent donc pratiquement indépendamment de la longueur d'onde du rayonnement à l'origine de la variation de température, et couvrent en tout
10 cas l'infrarouge proche et moyen.

Le domaine spectral à l'intérieur duquel les fenêtres 6 restent transparentes peut être choisi tout à fait librement. On peut ainsi utiliser les fenêtres 6 comme filtres centrés sur une longueur d'onde donnée, ou au contraire laisser passer tous les
15 rayonnement infrarouges de 1 à 15 μm .

Les capteurs pyro-électriques ont en outre l'avantage de fonctionner à la température normale. De façon classique, à chaque capteur 10 est associé un préamplificateur 11.

A l'intérieur de la calotte 5 est monté un trièdre rétro-
20 réflecteur 15 disposé avec ses arêtes parallèles à l'axe A-A. Le trièdre 15, qu'on voit mieux à la figure 2, a la propriété de réfléchir le rayonnement dans la direction d'où vient ce rayonnement.

Le trièdre 15 est suspendu à une paroi 16 formée d'une seule
25 pièce avec un obturateur cylindrique 17 centré sur l'axe A-A. L'obturateur 17 est fixé par sa base sur la collerette d'extrémité 18 d'un manchon 19 qui porte à son autre extrémité une roue dentée 20 en prise avec une roue dentée 21 entraînée par un moteur-réducteur 22. Le manchon 19 est monté rotatif par l'intermédiaire
30 de roulements à billes 23 dans un prolongement intérieur cylindrique 24 du boîtier 1.

La forme de l'obturateur 17 est bien visible à la figure 2. Il comporte une ouverture ou fenêtre 25 orientée axialement, dont l'angle au centre correspond sensiblement à l'angle du trièdre
35 - 90° dans l'exemple représenté - le plan bissecteur du trièdre 15 et celui de l'ouverture 25 étant confondus.

Il est également prévu à l'intérieur de la calotte 5, un second obturateur cylindrique 26 centré sur l'axe A-A, donc coaxial à l'obturateur 17. L'obturateur 26 est fixé par sa base sur
40 une plaque 27 elle-même fixée à l'arbre de sortie 28 d'un moteur

pas-à-pas 29, monté à l'intérieur du manchon 19 et fixé sur une plaque 30 elle-même fixée au boîtier 1.

L'obturateur 26 a une forme tout à fait analogue à l'obturateur 17, c'est-à-dire qu'il comporte une ouverture 30 dont l'angle au centre est de préférence le même que celui de l'ouverture 25 de l'obturateur 17.

Les sorties des pré-amplificateurs 11 des capteurs sont reliées à un circuit logique qui commande les moteurs 22 et 29 de façon à faire fonctionner le dispositif décrit de la manière suivante.

Lorsqu'un signal lumineux arrive sur un (ou plusieurs) des capteurs 10 et est identifié comme provenant d'une station d'interrogation amie, le trièdre 15 et l'obturateur 17 tournent et se placent dans une position permettant au signal lumineux de traverser l'ouverture 25 et d'être réfléchi par le trièdre 15. L'obturateur 26 vient occuper la même position que l'obturateur 17, comme indiqué à la figure 2, puis effectue des mouvements de rotation de manière à interrompre la réflexion du faisceau à des instants déterminés. Cela réalise un codage du faisceau réfléchi qui permet à la station d'interrogation d'identifier comme ami le véhicule portant le dispositif de réponse.

Le circuit logique doit, compte tenu de ce qui précède, remplir deux fonctions : la première consiste à reconnaître si le signal lumineux provient ou non d'une source amie et, dans l'affirmative, à coder le signal lumineux réfléchi; et la seconde consiste à identifier celui des capteurs 10 qui a reçu le signal lumineux le plus intense, pour permettre au trièdre 15 et aux obturateurs 17 et 26 de s'orienter de manière appropriée.

Concernant la première de ces fonctions, on peut se référer à la demande de brevet allemand 2 453 077 déjà citée. Sur la figure 3, qui représente le circuit logique, on a par conséquent, représenté simplement par les blocs 40 et 41, respectivement le circuit de reconnaissance et le circuit de codage du faisceau réfléchi.

Concernant la seconde fonction, il faut tout d'abord préciser la nature du signal lumineux émis par une station d'interrogation. Il s'agit d'un signal codé émis par un laser impulsionnel, donc d'impulsions codées en position de très courte durée, de l'ordre de 10^{-7} s. On connaît en outre la fréquence d'émission de ces impulsions, qui est habituellement très basse, par exemple

de 25 Hz.

On a représenté sur la figure 3 deux des douze capteurs 10 munis chacun d'un pré-amplificateur non représenté ici. Le signal de sortie de chacun des capteurs est amplifié dans un amplificateur 50, et appliqué à une porte 51 en même temps qu'à un circuit 52 qui commande l'ouverture des portes. Le circuit 52 fonctionne en synchronisme avec l'émission des impulsions lumineuses, c'est-à-dire qu'il ouvre les portes 51 pendant un court intervalle de temps, à une cadence égale à la fréquence d'émission des impulsions - 25 Hz dans le présent exemple. D'autre part, il est déclenché par la première impulsion lumineuse reçue par un capteur et, de ce fait, les périodes d'ouverture des portes 51 peuvent être centrées sur les instants d'émission des impulsions. La durée de chaque ouverture des portes peut être choisie par exemple de l'ordre du 1/10 de la durée entre impulsions, soit 4 ms, ce qui permet de réaliser un filtrage temporel très efficace et d'éliminer le maximum de parasites.

Le circuit 52 comprend par exemple un oscillateur à quartz 53, un diviseur de fréquence 54 associé à l'oscillateur et déclenché par la détection de la première impulsion lumineuse. A partir de cette détection, le diviseur 54 délivre des impulsions à la fréquence ci-dessus (25 Hz dans le présent exemple) qui agissent sur un élément 55 du type monostable qui émet un signal d'ouverture des portes 52 pendant la durée prévue.

Le signal ainsi filtré est ensuite appliqué à un détecteur crête 56. Celui-ci transforme le signal d'entrée de très courte durée en un signal de durée beaucoup plus longue, par exemple d'environ 10^{-4} s, et d'amplitude proportionnelle à celle du signal d'entrée.

On obtient ainsi au total, dans l'exemple décrit, douze signaux qui sont appliqués à un multiplexeur analogique 57. Celui-ci délivre un signal analogique qui est codé en un signal numérique dans un convertisseur analogique-numérique 58, par exemple avec un codage à 8 bits. Le signal numérique est appliqué à un circuit de comparaison 59 qui compare deux à deux les composants de multiplexage provenant de chaque capteur et ne conserve à chaque fois que le signal le plus élevé. Finalement, cela permet de donner l'adresse du capteur ayant reçu le signal le plus intense.

L'information correspondante est adressée au moto-réducteur 22

et au moteur pas-à-pas 29 pour placer dans la position angulaire appropriée le trièdre 15 et les obturateurs 17 et 26.

Cette information est également appliquée en tant que signal de commande à un multiplexeur 45 qui reçoit par ailleurs tous
5 les signaux de sortie des capteurs 10 amplifiés. Le multiplexeur 45 ne transmet ainsi que le signal émanant du capteur ayant reçu le signal le plus intense. Ce signal est appliqué au circuit de reconnaissance 40 déjà mentionné plus haut, et en cas de concordance avec le code enregistré, le circuit de reconnaissance 40
10 adresse un ordre de commande au circuit de codage 41 qui émet alors un signal de commande agissant sur le moteur 29 de l'obturateur 26.

On peut associer de façon avantageuse au dispositif de réponse décrit ci-dessus, une station d'interrogation telle que décrite ci-après en référence aux figures 4 et 5.
15

Une telle station comprend essentiellement un émetteur laser impulsif 60, par exemple un laser à CO_2 , et une caméra thermique 65, dont les axes sont harmonisés lors de la fabrication. La longueur d'onde du faisceau laser est choisie de façon à se
20 trouver à l'intérieur de la bande spectrale des détecteurs de la caméra thermique. On pourra par exemple choisir un laser à CO_2 émettant à $10,6 \mu\text{m}$ et des détecteurs en $\text{Hg}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ fonctionnant dans la bande de 8 à $14 \mu\text{m}$.

Grâce à cette concordance des longueurs d'onde du faisceau laser émis et réfléchi et du rayonnement donnant naissance à une
25 image thermique, il est possible d'utiliser la lentille d'entrée 66 de la caméra comme lentille de sortie du faisceau laser émis et lentille d'entrée du faisceau laser réfléchi. On prévoit à cet effet un miroir 61 à la sortie de l'émetteur laser 60 et un
30 miroir 62 disposé de façon à faire coïncider l'axe du faisceau laser avec l'axe optique de la caméra thermique, ainsi qu'une optique intermédiaire 63 pour adapter le faisceau laser à la lentille d'entrée 66. Le miroir 62, étant placé au centre du champ de la caméra, crée une petite occultation qui n'entraîne qu'une
35 perte négligeable sur l'image thermique.

La caméra thermique est classique en elle-même et comprend notamment les objectifs de focalisation 67, 68 et un dispositif de balayage 69 qui peut effectuer de façon appropriée un balayage suivant une direction. Un miroir 70 dirige le rayonnement vers
40 le dispositif de détection, non visible à la figure 4, et dont un

exemple approprié est représenté à la figure 5.

Sur la figure 5, la direction de balayage est indiquée par la flèche. Le dispositif de détection comprend de façon classique une mosaïque linéaire de détecteurs élémentaires 75 dirigée
5 normalement à la direction de balayage et de façon spécifique, un détecteur supplémentaire 76 placé au voisinage du centre du champ de la caméra. Le détecteur 76 sert uniquement à détecter le retour du faisceau laser émis par la station. Il est constitué du même matériau que les détecteurs 75, $\text{Hg}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ dans
10 l'exemple décrit, et des dispositions particulières ne sont pas nécessaires à son égard. En particulier, il fonctionne dans les mêmes conditions de température.

Le faisceau laser produit par l'émetteur 60 est constitué d'impulsions lumineuses codées en position.

15 L'émission des impulsions lumineuses est avantageusement synchronisée avec le balayage de la caméra 65, de manière que le retour d'une impulsion se produise au moment où le détecteur 76 se trouve au centre du champ. Le choix d'une cadence donnée pour l'émission des impulsions est en fait lié à la valeur de la
20 cadence image utilisée dans la caméra thermique. Dans l'exemple décrit, la cadence image est de 25 Hz, déterminant une cadence identique d'émission des impulsions.

Cela peut s'obtenir en utilisant comme horloge pour cadencer l'émission des impulsions lumineuses un dispositif lié au balayage, par exemple un codeur angulaire lorsque le balayage est
25 assuré par un diasporamètre, comme décrit dans la demande de brevet français 77 16 574 du 31 Mai 1977.

Le codage du faisceau consiste à supprimer de façon programmée des impulsions. Cela est réalisé directement par la commande d'excitation électrique de l'émetteur laser 60, et ne présente
30 pas de difficultés.

Le programme de codage du faisceau est enregistré dans la mémoire du circuit de reconnaissance 40 du dispositif de réponse, et le codage réalisé par le circuit de codage 41 consiste à supprimer de façon programmée une partie des impulsions du signal
35 reçu, par l'action de l'obturateur 26.

En ce qui concerne la station décrite ci-dessus, il faut noter qu'elle peut également fonctionner en télémètre. Dans ce cas, le faisceau lumineux n'est pas codé et il se compose d'impulsions
40 émises à une cadence beaucoup plus lente. Le faisceau n'est pas

réfléchi, mais seulement rétrodiffusé par la cible. Le détecteur 76 pour la détection IFF peut servir tout aussi bien pour la télémétrie.

5 Bien entendu, les circuits électroniques reliés au détecteur 76 sont tout à fait distincts de ceux reliés aux détecteurs 75 de la mosaïque. Les fréquences utilisées sont d'ailleurs tout à fait différentes, d'environ 10 MHz pour les impulsions IFF et d'environ 15 kHz pour l'imagerie thermique.

10 Le dispositif d'interrogation décrit sera associé de façon appropriée avec un poste de tir d'engins, par exemple de missiles antichar, et les dispositifs de réponse seront montés sur des chars ou véhicules analogues.

Le système IFF selon l'invention possède une portée allant jusqu'à 4 km dans des conditions atmosphériques favorables.

REVENDICATIONS

- 1 - Dispositif destiné à recevoir des signaux lumineux codés et à émettre dans la direction des signaux incidents des signaux lumineux modulés, comprenant un dispositif de détection omnidirectionnel composé d'une pluralité de capteurs de rayonnement, un dispositif optique pour réfléchir le signal lumineux dans sa propre direction, un circuit de reconnaissance et de codage relié aux dits capteurs et un modulateur optique susceptible d'empêcher la réflexion du signal lumineux, le dit modulateur étant commandé par le dit circuit, caractérisé par le fait que le modulateur comprend un obturateur monté rotatif autour de l'axe du dispositif de détection, un organe d'entraînement de l'obturateur commandé par le circuit de reconnaissance et de codage et un second circuit relié à la sortie des capteurs pour déterminer celui des capteurs qui reçoit le faisceau incident, lequel second circuit délivre à l'organe d'entraînement un signal de commande en vue de fixer la position angulaire initiale d'ouverture de l'obturateur.
- 2 - Dispositif selon la revendication 1, comprenant un trièdre rétroréflecteur unique monté rotatif autour du même axe que l'obturateur et un organe d'entraînement du trièdre commandé par le dit second circuit de façon à orienter le trièdre dans la direction du capteur recevant le faisceau.
- 3 - Dispositif selon la revendication 2, comprenant un second obturateur solidaire en rotation du trièdre et constitué d'une paroi cylindrique munie d'une ouverture dont la largeur correspond sensiblement à l'ouverture du trièdre.
- 4 - Dispositif selon la revendication 3, dans lequel le premier obturateur est formé d'une paroi cylindrique munie d'une ouverture.
- 5 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les capteurs sont des capteurs pyroélectriques.
- 6 - Système d'identification ami-ennemi, caractérisé par le fait qu'il comprend un dispositif selon l'une des revendications 1 à 5 et un dispositif d'interrogation comprenant un émetteur laser infrarouge impulsionnel et une caméra thermique dont l'axe optique est aligné avec l'axe du faisceau laser émis et dont le dispositif de photo-détection est sensible à une bande spectrale déterminée, la longueur d'onde du faisceau laser étant comprise dans la dite bande spectrale.

7 - Système selon la revendication 6, dans lequel la caméra thermique inclut un photo-détecteur supplémentaire sensible à la longueur d'onde du faisceau laser, l'émission des impulsions laser étant synchronisée avec le fonctionnement du dispositif
5 de balayage de la caméra.

8 - Système selon l'une des revendications 6 et 7, dans lequel la pupille d'entrée de la caméra constitue la pupille de sortie de l'émetteur laser.

FIG. 1

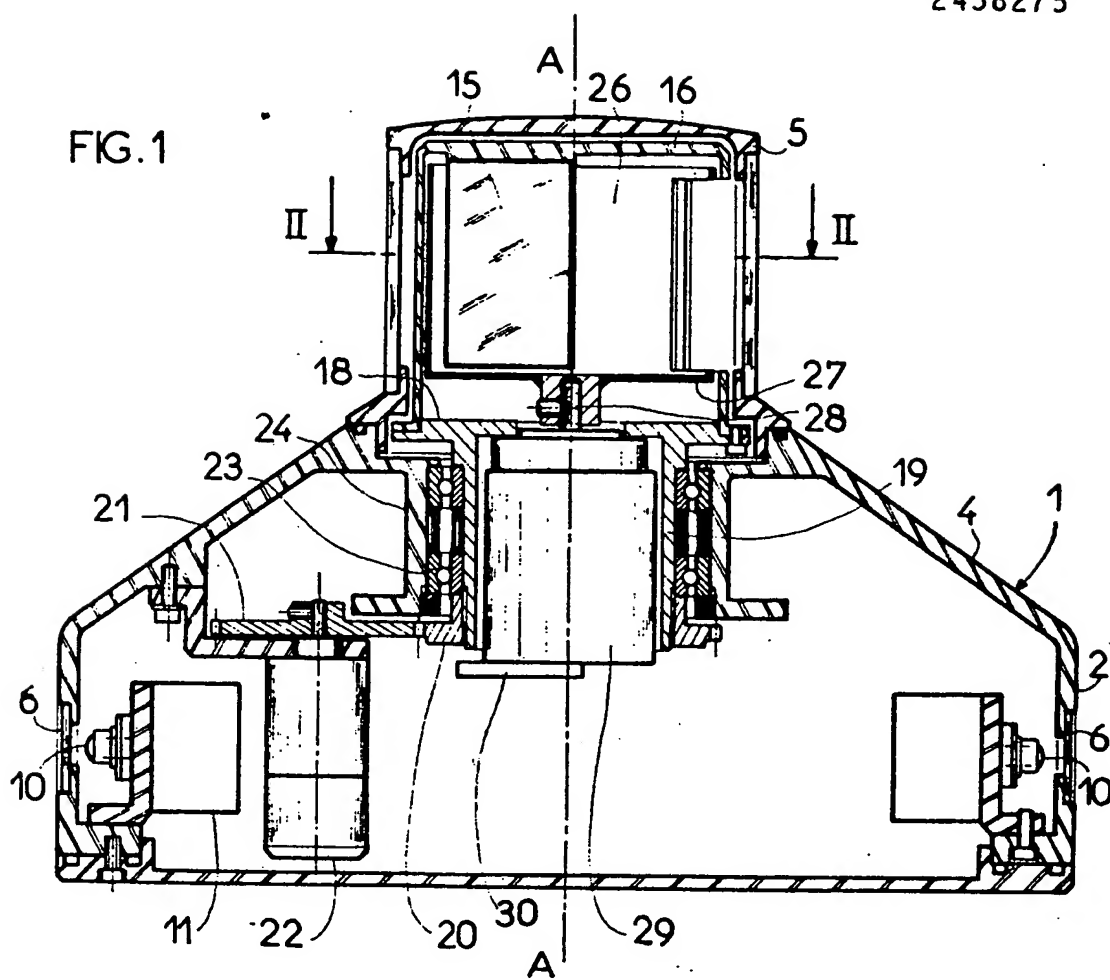
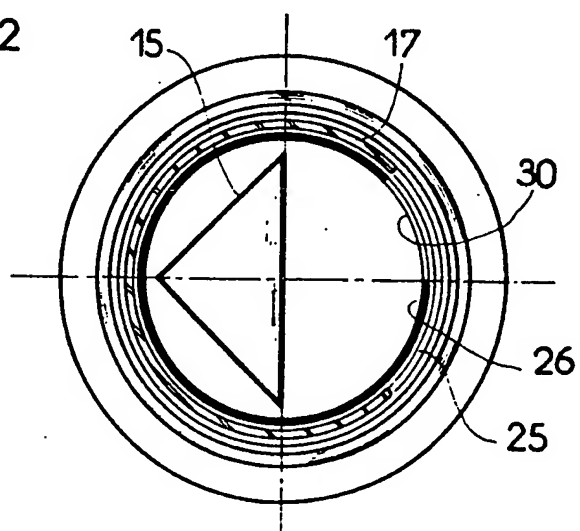
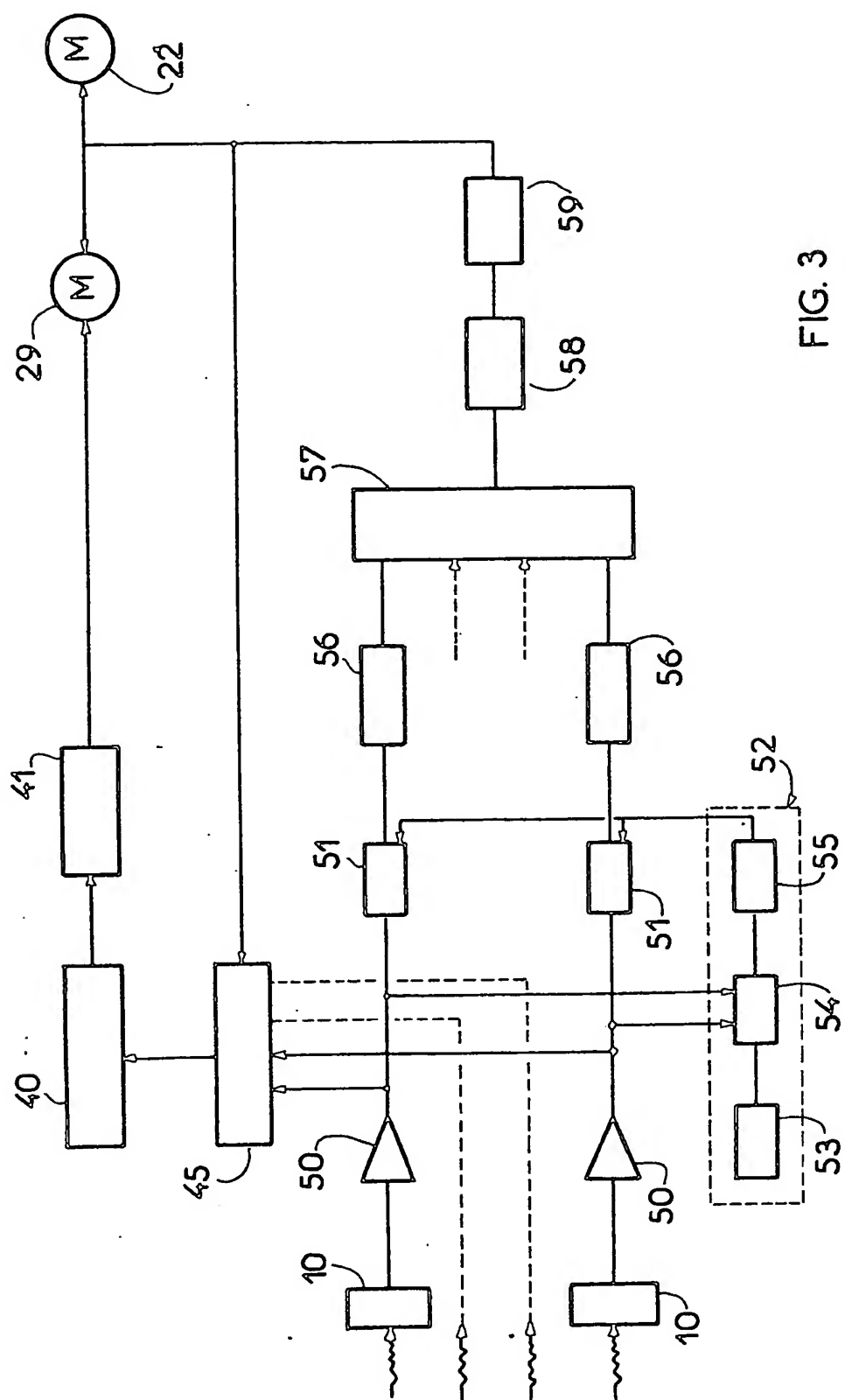


FIG. 2





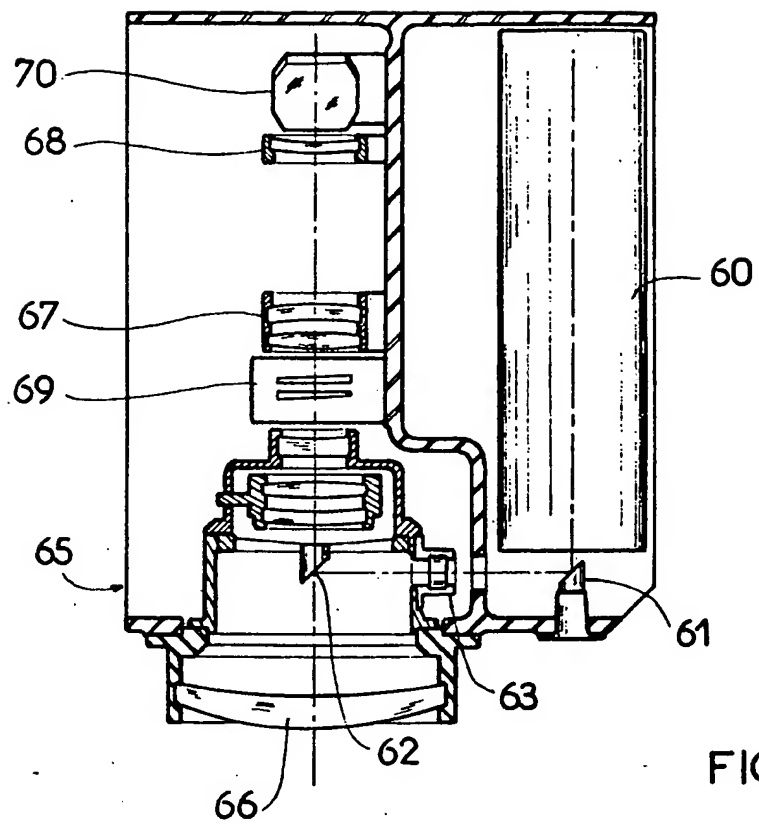


FIG. 4

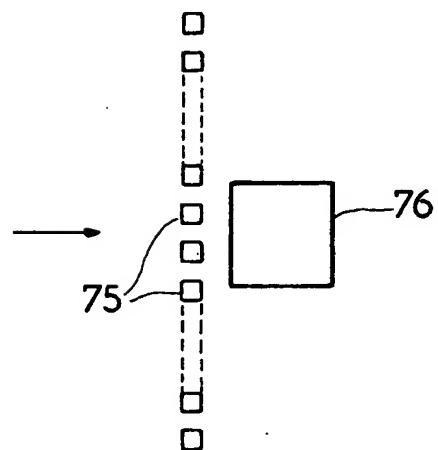


FIG. 5